

北京农业用水及节水潜力探讨*

安顺清

(气象科学研究院)

提 要

本文计算了北京的可能蒸散量和农业需水量,并比较了农业需水量和水资源量的差额。结果表明,在一般年份,北京的水资源可以满足农业的需要,在少雨年份则有亏缺。北京目前农业节水潜力颇大,只要采取开源节流措施,充分挖掘潜力,即使在干旱少雨年份,也可以满足农业用水需要。

一、前言

北京市人均水资源占有量为 491.4m^3 ,为全国人均水资源占有量的18.2%,为世界人均水资源占有量的4.5%。每亩耕地水资源平均占有量为 714m^3 ,为全国亩耕地

水资源平均占有量的40%,为世界亩耕地水资源平均占有量的30%。由于北京市工农业的迅速发展和人口的增加,耗水量相应地急剧增加。在干旱少雨年份,由于首先保证城市工业用水和生活用水,所以农业用水得不到保证,从而影响农业的稳定发展。针对这

一重大问题，本文较精确地计算了北京的农业需水、农业用水的盈亏和节水潜力，提出了发展北京农业的节水措施，并指出了进一步开源的途径，在此基础上展望了北京农业用水的前景。

二、北京可能蒸散量

可能蒸散量是水分平衡方程中的一个重要水分支出分量，其数值的大小主要取决于气象条件。可能蒸散量是计算作物需水量和水资源科学管理极为重要的基础资料。为此，我们对其进行了计算。国内计算可能蒸散量多为月平均值，这对于精确计算作物需水量还不能满足需要，特别是作物播种期和成熟期不是正好在月初和月末时，就会产生一定误差。另外时段长也会平滑掉一些短时间的重要天气变化对作物的影响。为了弥补上述缺陷，本文计算了1956—1985年共30年

表1 北京逐旬平均可能蒸散量及其最大、最小值 (mm) (1956—1985)

月	旬	平均	最大	最小	月	旬	平均	最大	最小
1	上	13.2	27.1	7.4	7	上	32.4	46.6	21.7
	中	13.3	18.8	6.9		中	31.7	50.2	19.8
	下	15.2	24.7	9.1		下	30.2	40.7	21.3
2	上	11.7	23.0	5.8	8	上	27.1	35.6	18.5
	中	15.5	23.1	9.1		中	27.2	34.7	19.2
	下	13.1	24.5	4.2		下	23.9	38.5	22.4
3	上	20.4	35.3	8.6	9	上	27.3	38.0	17.4
	中	24.0	32.9	8.5		中	26.1	37.4	19.5
	下	29.8	46.9	19.1		下	25.3	37.2	17.0
4	上	34.1	56.0	17.7	10	上	25.5	36.5	16.8
	中	38.5	62.3	26.2		中	21.4	29.5	13.7
	下	44.8	80.5	20.9		下	21.6	31.5	15.5
5	上	38.9	57.8	21.8	11	上	17.7	28.3	11.4
	中	45.4	79.0	28.2		中	17.4	28.1	11.5
	下	49.3	70.8	24.6		下	16.5	32.1	9.2
6	上	42.2	64.7	26.1	12	上	14.7	21.5	10.1
	中	37.1	54.4	25.2		中	14.4	22.7	9.1
	下	39.9	59.7	20.7		下	13.8	25.0	7.3

*本文系国家自然科学基金资助项目“京津晋冀地区水分平衡与经济发展的研究”的子课题。

**因排版所限，公式省略。

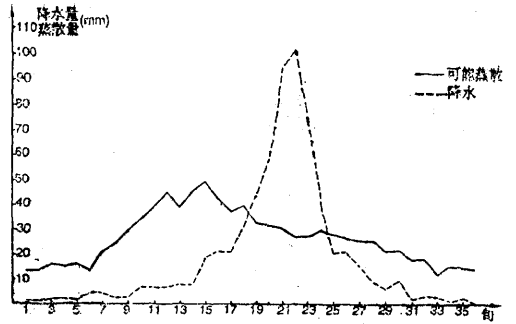


图1 北京逐旬平均降水量与可能蒸散量的年变化

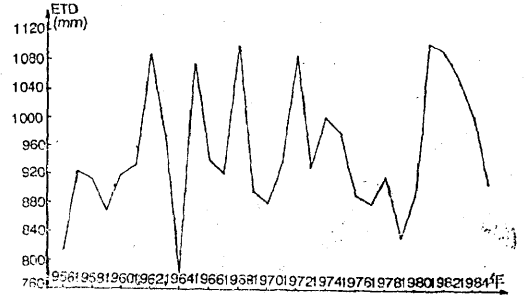


图2 北京逐年可能蒸散量变化 (1956—1985年) 逐年、逐月、逐旬的可能蒸散量值。计算方法是采用联合国粮食组织 (FAO) 1979年修正的彭曼 (Penman) 公式^{[1]**}。计算结果摘要列入表1，并给出逐旬平均降水量与可能蒸散量的年变化 (见图1) 和逐年可能蒸散量变化 (见图2)。

由表1、图1可看出，旬平均可能蒸散量以5月下旬最大，为49.3mm，其次是5月中旬，为45.4mm。而旬平均降水量 (表略) 最大值出现在8月中旬，为101.6mm，其次是8月上旬，为89.4mm。可见可能蒸散量与降水量峰值出现时段是错开的，蒸散量峰值出现时段处于降水较少时段，而此时正是小麦需水关键期和秋作物播种出苗期，水分条件不利于作物生长，需要灌溉。而夏季7—8月份降水量又远远超出可能蒸散量，说明此期水分有余，为北京地区水分的开源提供了条件。图2显示出北京逐年可能蒸散量值波动很大，最大年值为1103.2mm (1981年)，最小年为781.3mm (1964年)，

两者相差321.9mm, 这种明显的差异导致农业水资源供求的不稳定, 从而为科学管理水资源和用水计划的制订带来困难。

三、北京农业需水量及其盈亏

所谓农业需水量一般是指耕地和非耕地的蒸散量及现实条件下人畜用水量(不包括城镇人口集中的生活用水和工副业用水)。根据这一定义, 水利部认为, 使纯井灌区地下水水位保持周年平衡所需要的降水量值作为农业需水量。根据这种方法, 田园(论地下水开发利用和人工补给, 1989.7)应用有关观测资料分析出黄淮海地区农业用水量为600—700mm, 北京天堂河流域为600mm。本文中的农业需水量包括各种作物(粮食、经济作物、蔬菜、果树等)、淡水养殖及农业人畜需水量, 不包括非耕地的蒸散量。作物需水量利用下式计算:

$$ET_c = K \cdot ET_e \quad (1)$$

式中, ET_c 为作物需水量; K 为作物系数; ET_e 为作物生育期内可能蒸散量。对于缺少作物系数(K_c)的作物, 其需水量值是根据有关试验和文献资料[2]得到的。每种作物全区需水量为:

$$ET_{c,i} = ET_c \cdot S \quad (2)$$

式中, $ET_{c,i}$ 为某种作物总需水量; S 为该作物播种面积(亩)。 $i=1, 2, 3 \dots n$, 表示作物种类。

全区所有作物的需水量为:

$$ET = \sum_{i=1}^n ET_{c,i} \quad (3)$$

北京市淡水养殖面积较大, 耗水量也较多, 如果不考虑工艺方面的耗水, 只考虑自然蒸发, 则其耗水量可用计算开阔水面蒸发量的彭曼公式[1]得到。

农村人口生活用水, 据调查平均每人每天约50kg, 牲畜用水主要考虑耗水较多的大牲畜和猪, 大牲畜每天用水约20kg, 猪每天用水约25kg。各种作物的种植面积、淡水养

表2 北京各农业分项需水量及总和(亿 m^3)

种类	耗水量	种类	耗水量	种类	耗水量
冬小麦	9.1367	水稻	3.1663	瓜类	0.3010
春小麦	0.0108	白薯	0.1360	果树	0.9317
玉米	7.8097	马铃薯	0.0037	青饲料	0.3340
高粱	0.3671	杂粮	0.5120	绿肥	0.0220
谷子	0.2632	烟叶	0.0080	淡水养殖	2.4700
大豆	0.5120	芝麻	0.0600	生活用水	0.5941
棉花	0.1520	油菜籽	0.0047	牲畜用水	0.1305
花生	0.5013	蔬菜	8.6200	总计	35.9868

殖面积、牲畜头数取自《1987年农村经济统计年表》(国家统计局编); 农村人口数字由北京市统计局提供, 是1988年底的统计结果。北京农业需水量详见表2。

由表2可见, 北京年农业需水总量为35.9868亿 m^3 , 接近36亿 m^3 。每亩平均需水量为535.6 m^3 , 相当于803.4mm的降水量。北京多年平均降水量约为600mm, 去掉径流损失(径流率按15%计), 其有效降水量为510mm。假定这些有效降水量全被作物利用, 与需水量相比较, 则一般年份尚亏缺293.4mm水分, 相当于195.6 m^3 /亩。即使在年降水量为800mm的多雨年份, 也仍有123.4mm的水分亏缺。在降水量少的枯水年, 水分亏缺相当严重, 如1980年年降水量仅383mm, 即使全部为有效降水, 亏缺量仍高达420.4mm, 相当于280.3 m^3 /亩。显然, 北京地区仅靠自然降水是不能满足农业需水的, 要保证高产稳产, 必须进行人工补水。以上水分亏缺数字仅是作物农田需水亏缺量, 实际上北京农业灌水很多, 在灌水过程中, 渠系渗漏和蒸发损失的水量也颇大, 北京灌溉渠系输水损耗率约为35%。因此在计算农业水分亏缺量时, 应考虑这一部分水分损耗量。这样, 北京平水年农业水分亏缺量总和为17.4亿 m^3 , 而平水年地表和地下可利用的水资源量为42.2亿 m^3 [3], 除去工业用水13.5亿 m^3 和城市生活用水4.67亿 m^3 外, 还剩下24.03亿 m^3 供农业使用, 可见,

平水年北京的农业用水不仅能够满足,而且还有 6.63亿m^3 的盈余。但是,象1980年那样的枯水年,地表和地下可利用的水资源仅有 28.5亿m^3 ,农业总缺水 24.9143亿m^3 ,除掉工业用水和城市生活用水后,仅有 10.33亿m^3 可以供给农业使用,不能满足农业需要,还差 14.5843亿m^3 。因此,在少雨年份,即使把可用的地表和地下水全部用上,也不能保证农业需水,从而影响农业稳定发展。

四、北京水资源的开源节流措施和潜力

根据现在北京水资源的利用情况看,尚未到达节水时限期,就是说北京水资源潜力尚未充分发挥效益,仍有进一步节约挖潜的余地。

1. 减少水从水源地到农田过程中的损耗。目前,北京渠系输水损耗率达35%,即在输水过程中有 $1/3$ 被浪费掉。为了减少这方面的损耗,可采取有关工程措施。如用砖衬砌土渠可提高渠系水利用率20%;用管道输水可提高30—40%;在井灌区用塑料软管输水基本没有损失;喷灌比地面灌可省水30—55%,滴灌比地面灌省水更多,可省水50—80%。

2. 减少农田中水分的无效消耗。主要是通过选择适当的作物品种,增大收获指数;增大叶片直接曝光面积,提高光合率;应用栽培措施形成作物适宜的群体结构,以提高作物生理耗水的利用效率。另外通过压缩棵间蒸发来提高蒸散水利用效率,主要措施有用秸秆和地膜覆盖地面,阻碍土壤水分与近地气层的交换,减少棵间蒸发;适当增大作物密度,增大生理耗水的比例。向土壤中加入吸水剂,减少蒸发;立体耕作和立体种植,最大限度地利用光、热、水、土资源;

监测和预报农田水分,并结合作物干旱指标和适宜水分指标,进行科学灌溉,也是一种提高农田水分利用效率的有效措施。

3. 充分利用北京自然降水资源。根据作物需水量与作物生育期内降水量的匹配度进行适水种植,是最大限度地挖掘降水潜力的措施。

4. 充分利用夏季汛期雨水。通过拦截地表径流,把多余的雨水贮存到水库和池塘中。也可进行人工回灌地下水,把雨季的雨水迅速汇集到回灌井中,留待以后干旱缺水时用,这种措施既防旱,又防涝,还能控制地面下沉。

5. 充分利用城市的污水和废水资源。城市污水经过一级处理后,消除了有毒物质,含有较多的养分,比用清水和二级处理水灌溉增产。因此,它是一种稳定的水肥资源,可充分利用。

通过上述措施,北京农业节水增水潜力很大。拦截雨季地面径流水和回灌地下水可增水 1亿m^3 ;把北京城市污水和废水的利用效率提高到40%,可增水约 2亿m^3 ;采用小麦优化灌溉技术把5水改成3水,可省水 3亿m^3 ;将水稻种植面积的 $1/5$ 改为旱种可省水 1.5亿m^3 ;采用秸秆、地膜覆盖和其它节水措施省水约 2亿m^3 。这样上述增水节水合计可达 15亿m^3 。在这种情况下,即使遇到旱年也基本上能满足农业的需要。

参 考 文 献

- [1] FAO, 农业气象监测与作物收成预报, 罗马, 1980。
- [2] 陈尚谟等, 果树气象学, 气象出版社, 1988。
- [3] 李世奎等, 中国农业气候资源和农业气候区划, 科学出版社, 1988.9。

Discussion on water demand and water saving potential in agriculture over Beijing areas

An Shunqing

(Academy of Meteorological Science)

Abstract

In this paper, the potential evapotranspiration and agricultural water demand are calculated, and the agricultural water demand is compared with water resources in Beijing. The results indicate that water resource can meet the requirement of agriculture in normal climatic years, although a deficiency would appear in drought years. At present, a higher potential could be found of water saving in agriculture over Beijing areas. If the potential is fully taken into account and the necessary measures are carefully adopted, the water could meet the requirement by agriculture even in drought years.